

Autoaprendizaje en materia de Máquinas Eléctricas

Self-learning in the field of Electric Machines

Francisco Blázquez¹, Carlos A. Platero¹
francisco.blazquez@upm.es, carlosantonio.platero@upm.es

¹Dpto. Automática, Ing. Eléctrica y Electrónica e
Informática Industrial
ETSII-UPM
Madrid, España

Resumen- La evolución de los planes de estudio en la titulación de Ingeniería Industrial ha supuesto una drástica reducción de la docencia en muchas materias, como el caso de Máquinas Eléctricas. Esta situación ha provocado, en primer lugar, una reestructuración de las asignaturas y sus contenidos, tanto en los primeros cursos como en los de especialidad, de modo que la materia impartida en cursos superiores está muy condicionada con la orientación que se da en los primeros cursos, en los que los alumnos no se han especializado aún. En esta situación, la utilización de técnicas de autoaprendizaje en los cursos superiores, para ampliar la materia vista en cursos previos, tiene un gran interés a juicio de los autores. En este artículo se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de estas técnicas, en concreto utilizando un libro electrónico y trabajos en equipo, al estudio de transformadores y máquinas de inducción.

Palabras clave: Máquinas Eléctricas, autoaprendizaje, aprendizaje colaborativo

Abstract- The evolution of the curricula in the Industrial Engineering degree has led to a drastic reduction in teaching in many subjects, such as the case of Electrical Machines. This situation has led to a restructuring of the subjects and their contents, both in the first courses and in the specialty ones; In this way the subject taught in higher courses is very conditioned with the orientation given in the first courses, in which the students have not yet specialized. In this situation, the use of self-learning techniques in the higher grades, to expand the subject seen in previous courses, is of great interest to the authors. This paper presents the results obtained with the application of these techniques, in particular using an electronic book and teamwork, to the study of transformers and induction machines.

Keywords: Electrical Machines, self-learning, collaborative learning

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años las estructuras de los planes de estudio en la titulación de Ingeniería Industrial se han visto envueltas en un proceso permanente de cambios. En el caso concreto de la ETSII-UPM, en el año 2000 se introdujo un plan de estudios de 5 años, que ya supuso una reducción de un año en la titulación, plan que a partir de 2005 comenzó un proceso de adecuación de sus enseñanzas al Espacio Europeo de Educación Superior (E.E.E.S), y que culminó con la definitiva implantación de un plan de estudios de 4 años en el curso 2010/2011.

Antes del año 2000 estaba vigente un plan de estudios desde 1976, estructurado en 6 años con asignaturas anuales (Plan 76), del que se pasó a otro plan con una estructura de 5 años y asignaturas semestrales (Plan 2000) [1]. Esta nueva planificación supuso una reducción significativa del tiempo docente disponible para los contenidos en materia de máquinas eléctricas, que se ha mantenido en el Plan de Estudios de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, GITI 2010.

Para abordar esta nueva situación y que los alumnos pudieran comprender y aprender adecuadamente los aspectos básicos de las máquinas eléctricas se llevaron a cabo las siguientes actuaciones:

- Nueva asignación semestral de los contenidos básicos de máquinas eléctricas
- Implantación de nuevas metodologías docentes
- Elaboración de un material docente más apropiado
- Reestructuración de la docencia en el laboratorio

En este trabajo se detalla cómo se han llevado a cabo algunas de estas actuaciones para la asignatura de Máquinas Eléctricas II, impartida a los alumnos de la especialidad en Ingeniería Eléctrica, así como los resultados obtenidos.

En concreto, se analizan los resultados obtenidos al aplicar “filosofías” de autoaprendizaje a la parte de ampliación de los contenidos de máquinas eléctricas ya estudiados en la asignatura troncal. Para ello se ha utilizado una herramienta multimedia desarrollada en un trabajo previo, aplicando para ello técnicas de aprendizaje colaborativo, como el puzle, complementándola con la realización de trabajos en equipo.

2. CONTEXTO

Según se ha indicado, el número de horas de docencia en materia de Máquinas Eléctricas se ha reducido drásticamente en el Plan de Estudios GITI 2010. En las siguientes tablas I y II se muestra la dedicación a los contenidos de transformadores (T), máquinas rotativas de alterna (asíncronas MA y síncronas MS), máquinas de corriente continua (MDC) y control de máquinas/accionamientos eléctricos (CM), en los Planes 76 y GITI 2010.

Octubre 9-11, 2019, Madrid, ESPAÑA

V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2019)

Sin considerar la parte específica de Control de Máquinas, por no ser objeto de este trabajo, con los datos que se acaban de presentar, se constata que los nuevos grados han supuesto una reducción en la docencia de los contenidos básicos de máquinas eléctricas: en las horas dedicadas a la enseñanza en el aula se pasa de 270 a 105 horas, se reduce un 61,1%, mientras que en las horas dedicadas a la docencia en el laboratorio se pasa de 56 a 16 horas, reduciéndose un 71,4%.

Tabla I. Asignación de horas a la docencia de contenidos básicos de máquinas eléctricas en el Plan 76 (4 semestres)

Semestre	Horas Aula	Horas Teoría	Horas Problemas	Horas Lab.
9º (T)	75	50	25	16 (4×4)
10º (MA)	90	60	30	20 (5×4)
11º (MS)	75	50	25	16 (4×4)
12º (MDC + CM)	30+45	20+30	10+15	12 ((1+2) ×4)
TOTAL	315	210	105	64

Tabla II. Asignación de horas a la docencia de contenidos básicos de máquinas eléctricas en el Plan GITI 2010 (3 semestres)

Semestre	Horas Aula	Horas Teoría	Horas Problemas	Horas Lab.
4º (T-MA)	45	30	15	6 (3x2)
6º (T-MA-MS-MDC)	60	40	20	10 (5x2)
7º (CM)	60	40	20	10 (5x2)
TOTAL	165	110	55	26

A. Asignación de contenidos

En el nuevo plan de estudios, la materia de máquinas eléctricas queda encuadrada en dos semestres, 4º y 6º, recogida en las asignaturas Máquinas Eléctricas y Máquinas Eléctricas II, respectivamente.

La asignatura “Máquinas Eléctricas” es común a todos los alumnos del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI), con aproximadamente 500 alumnos, por lo que debe tener un carácter generalista, ya que los alumnos no han escogido todavía la especialidad. Por este motivo los contenidos de esta asignatura se limitan al estudio básico de los transformadores y las máquinas asíncronas de corriente alterna. De este modo, todos los alumnos de GITI pueden adquirir nociones claras de las dos máquinas eléctricas más comunes en el entorno industrial.

La asignatura Máquinas Eléctricas II está dirigida únicamente a alumnos de la especialidad de Ingeniería Eléctrica, aproximadamente 40 alumnos. En esta asignatura, en primer lugar, se refuerzan los conocimientos acerca de transformadores y máquinas asíncronas, adquiridos en la asignatura Máquinas Eléctricas. En segundo lugar, se estudian en detalle las máquinas síncronas, ya que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo y, finalmente, las

máquinas de corriente continua, cuyo conocimiento y regulación es fundamental para el posterior estudio de los diferentes sistemas de control de las máquinas eléctricas.

Dado el carácter de la asignatura tanto en contenidos, por tener una primera parte de ampliación de conceptos adquiridos en cursos previos, como en el tipo y número de alumnos a los que va dirigido, un grupo reducido de alumnos de la especialidad en Ingeniería Eléctrica, es la asignatura Máquinas Eléctricas II donde se ha centrado el trabajo realizado.

B. Metodología empleada y Material docente

1) Metodología convencional.

La materia nueva en la asignatura, máquinas síncronas y de corriente continua, se imparten en el formato convencional de pizarra, transparencias y presentaciones, eligiéndose una u otra vía en función de los contenidos del tema en cuestión. Como material de apoyo se elaboró un libro específico para este tipo de máquinas, donde se recogen los aspectos teóricos más importantes, así como algunos problemas resueltos.

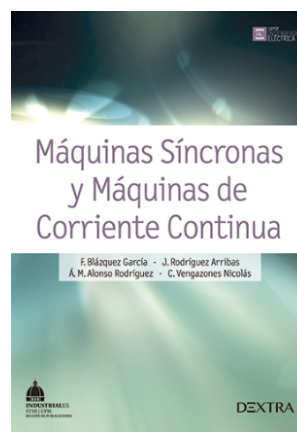


Figura 1: Libro texto

Con la intención de dinamizar el aula, y así intentar mantener a motivación de los alumnos, se utilizan los cuestionarios on-line y videos demostrativos.

Respecto a las clases de problemas se utiliza un formato que implica una participación más activa del alumno en la resolución, generalmente en pequeños grupos, aunque también se puede plantear de forma individual. A grandes rasgos consiste en: formar grupos de 3 o 4 alumnos, ubicados contiguamente en la clase, plantear el enunciado en formato presentación, animar a los diferentes grupos a encontrar el método de resolución, discutir el método de solución y mostrar los cálculos en la presentación, que se pone a disposición de todos los alumnos.

Con este sistema se pretende que el alumno se vea obligado a razonar acerca de la resolución de los problemas, dejando para su trabajo personal la adquisición de destreza en las operaciones y cálculos.

2) Metodología basada en el autoaprendizaje de los alumnos

Con los conceptos básicos ya aprendidos durante el cuarto semestre en “Máquinas Eléctricas”, se puede estimular en los

alumnos el autoaprendizaje de conceptos más específicos. Por este motivo, para los contenidos de Máquinas Eléctricas II referentes a transformadores y máquinas asíncronas, que son una ampliación de los tratados en Máquinas Eléctricas, se ha optado por la opción del autoaprendizaje.

Para lograr este objetivo se ha trabajado en dos líneas. La primera utiliza una herramienta aprendizaje multimedia desarrollada a tal efecto denominada “Complementos de Máquinas Eléctricas”, cuyo primer desarrollo se presentó en un trabajo previo [2].



Figura 2: Complementos de Máquinas Eléctricas

La segunda se basa en la utilización de técnicas de trabajo en grupo donde, a juicio de los autores, no es tan importante el conocimiento técnico adicional que se obtiene del tipo de máquina sujeta al estudio, que cambia de un curso a otro, como que se adquieran las habilidades de manejar documentación técnica, de trabajo en equipo y de realizar presentaciones en público.

En el apartado 3 se desarrolla con más detalle estas dos líneas de la metodología basada en autoaprendizaje, presentándose los resultados obtenidos en el apartado 4.

C. Docencia en el laboratorio

La seguridad en el laboratorio es de vital importancia, no solo para evitar accidentes durante la realización de las prácticas, sino también para transmitir a los alumnos el compromiso de garantizar, en su futura actividad profesional, tanto su propia seguridad como la de los equipos humanos a su cargo.

Por ese motivo se comienza la docencia en laboratorio con una charla de seguridad, tras la que los alumnos deben responder adecuadamente un cuestionario relativo a sus principales contenidos.

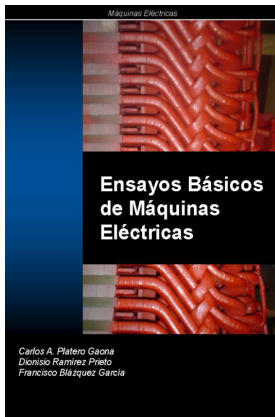


Figura 3: Guion de prácticas

Para el resto de sesiones se utilizan unos guiones y unas bancadas de prácticas, que han sido diseñadas de forma específica para impartir la docencia en la materia de máquinas eléctricas.

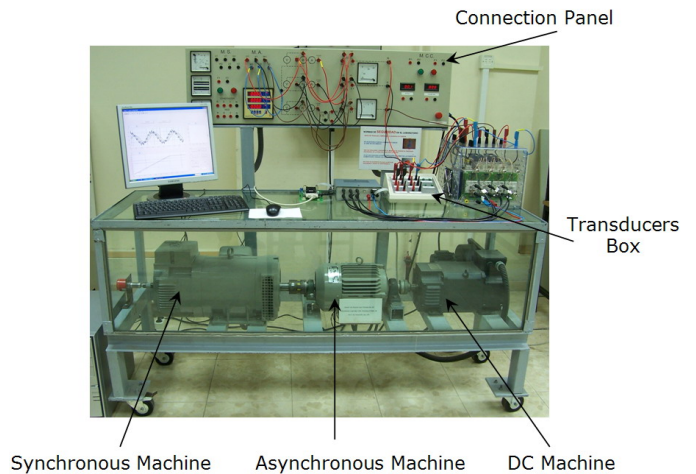


Figura 4: Bancada de practicas

3. DESCRIPCIÓN

A continuación, se describe con más detalle las actividades desarrolladas en las dos líneas que sustentan la metodología basada en el autoaprendizaje que se utilizan en la asignatura “Máquinas Eléctricas II”

La herramienta “Complementos de máquinas eléctricas” se ha diseñado de modo que permite al alumno cierta interacción, ya que puede responder cuestiones y visualizar simulaciones. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de pantalla:



Figura 5: Ejemplo pantalla “Complementos de Máquinas Eléctricas”

La herramienta consta de dos módulos, “transformadores” y “máquinas asíncronas”, que se comenzarán a estudiar en un aula informática colaborativa, en sendas sesiones de dos horas. Para ello utilizaremos una técnica de aprendizaje colaborativo denominada “puzzle” [3]

A grandes rasgos esta técnica se aplica en los siguientes pasos:

- a) El profesor reparte los contenidos en temas cortos, entre todos los alumnos, de modo que varios alumnos tienen el mismo tema.

b) Cada alumno, de forma individual y durante 20 minutos estudia el tema que le ha tocado utilizando la herramienta, sin intervención alguna del profesor.

c) Los alumnos que les ha correspondido el mismo tema se reúnen en grupos, durante 30 minutos en nuestro caso, de modo que se intenten resolver las dudas los unos a los otros. En esta fase sí se produce la intervención del profesor para resolver dudas si fuese necesario.

d) Se forman grupos con alumnos con temas diferentes, trabajando durante 50 minutos, de modo que cada uno intenta explicar, al resto de componentes del grupo, a grandes rasgos el tema que les ha tocado.

e) Cada alumno de forma individual responde durante no más de 10 minutos unas breves cuestiones planteadas por el profesor.

Con esta técnica se consigue que el alumno aprenda activamente un determinado tema, ya que se está asumiendo el compromiso de explicárselo a sus compañeros. Además, gracias a la explicación de sus respectivos compañeros, se inicia en el estudio de los temas que no le ha correspondido estudiar individualmente.

Además del beneficio implícito que supone para el alumno el fomento de su autoaprendizaje, es importante tener en cuenta que, además, la utilización de esta herramienta permite ganar tiempo en el aula que se dedica a otras actividades importantes en el proceso de aprendizaje, como son la presentación pública de los trabajos realizados en grupo, las visitas técnicas y la resolución de problemas en el aula.

Esta forma de trabajo fomenta claramente la adquisición de las siguientes competencias generales del plan de estudios GITI 2010 [4]:

- “Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares”
- “Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades”
- “Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional”.

Con respecto a los trabajos en grupo, se ha recopilado y preparado documentación técnica de diferentes tipos de máquinas eléctricas de elevada potencia situadas en instalaciones reales (plantas industriales, centrales eléctricas, sistemas de tracción ferroviaria ...). En cada curso se elige una de estas máquinas, transformador o máquina asíncrona, para que los alumnos, por grupos, analicen en detalle los sistemas que la componen.

De esta forma, toda la clase analiza la misma máquina, pero cada grupo de trabajo, formado por tres alumnos, describe minuciosamente una parte de esta o un sistema ligado a su funcionamiento o protección, ampliando así el aprendizaje mediante el acercamiento a la realidad de estas instalaciones.

El trabajo comienza con una sesión de tutoría para cada grupo de trabajo, en la que el profesor explica el contexto en el que se utiliza la máquina, así como la parte de la máquina sujeta

al trabajo del grupo. Se pretende que en el trabajo se haga un estudio pormenorizado de esa parte, así como las alternativas existentes en la técnica para realizar la misma función.

Los miembros del grupo deben planificar y repartir las tareas para obtener como resultado final un único informe del trabajo realizado y una presentación oral del mismo a toda la clase. Todos los componentes del grupo deben participar en la presentación y deben de ser capaces de responder las dudas que surjan al profesor y al resto de sus compañeros.

Como ejemplo, los diferentes trabajos pueden abordar los siguientes temas en el caso de los transformadores:

- Datos de la instalación (Tensión de cortocircuito, capacidad para soportar cortocircuito, foso recogida aceite, montaje sobre raíles, contra incendios, etc.)
- Formas constructivas. Tipo de núcleo (acorazados, columnas) y tipo de arrollamientos (concéntricos, galletas)
- Sistema de refrigeración.
- Instrumentación/ Accesorios
- Sistemas de protecciones eléctricas.
- Operación y mantenimiento
- Ensayos
- Aislamiento
- Diagnóstico del aceite
- Tipos y aplicaciones
- Cambiadores de tomas
- Datos para la compra de un transformador

Con todo ello se fomentan las dos primeras competencias de las tres que se han listado anteriormente.

4. RESULTADOS

La evaluación de los contenidos de “Complementos de Máquinas Eléctricas”, impartidos con la metodología que se ha presentado en el apartado anterior, se realiza mediante un examen presencial. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

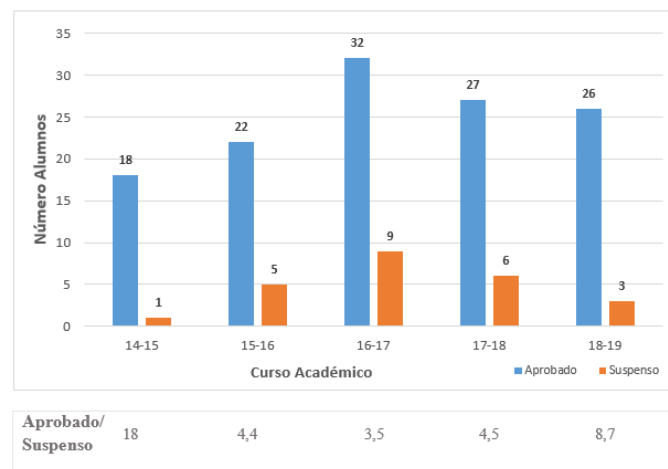


Figura 6: Relación Aprobados y Suspensos en “Complementos de Máquinas Eléctricas”

En la figura 6 se observa cómo, tras los dos primeros cursos de implantación del sistema, la relación ratio aprobados/suspensos se va incrementando.

En la figura 7 se muestran los mismos datos referidos a los dos cursos previos, en los que se utilizaba una metodología convencional. Se observa como la ratio entre aprobados y suspensos es más pequeña.

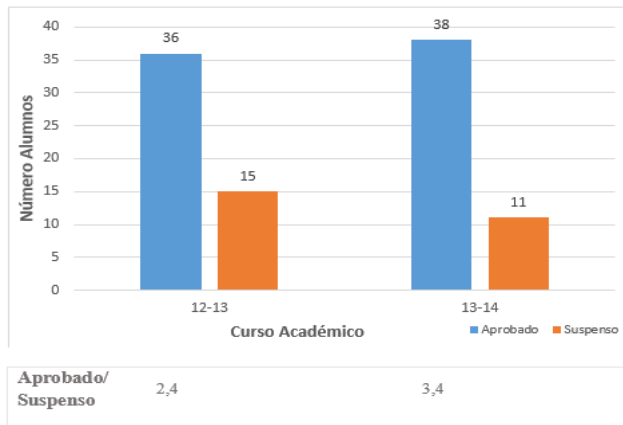


Figura 7: Relación Aprobados y Suspensos en “Complementos de Máquinas Eléctricas” utilizando la metodología convencional

Respecto a las calificaciones, en la figura 8 se observa cómo, también en los últimos tres cursos, se han estabilizado las calificaciones máxima y media, pero van incrementándose las calificaciones mínimas.

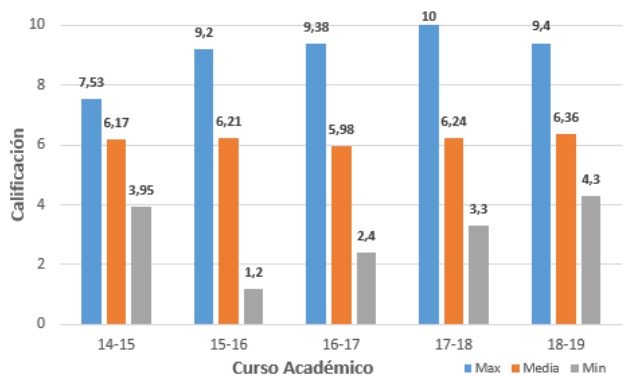


Figura 8: Relación de calificaciones en “Complementos de Máquinas Eléctricas”

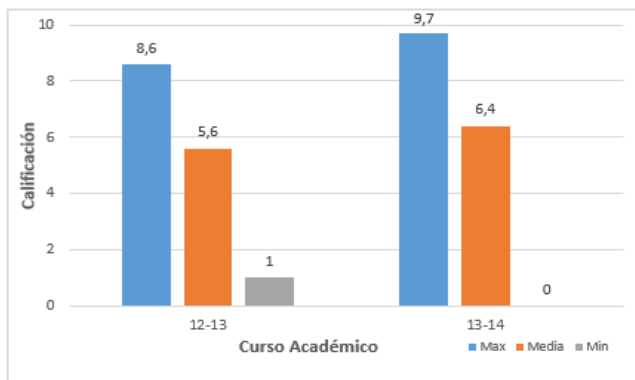


Figura 9: Relación de calificaciones en “Complementos de Máquinas Eléctricas”, con metodología convencional

En la figura 9 se muestran las calificaciones obtenidas en los dos cursos previos. Se observa que la utilización del nuevo método no produce una merma en el rendimiento académico, sino que aumentan las calificaciones mínimas y también, en general las máximas.

Estos resultados, a juicio de los autores, avalan la bondad del método, más aún si se tiene en cuenta que el tiempo que los alumnos dedican a esta parte es menor que el que dedicaban al utilizar una metodología convencional.

Con respecto a los trabajos realizados en grupo el resultado ha sido muy satisfactorio desde su implantación, tanto por el grado de compromiso de los estudiantes como por las calificaciones obtenidas.

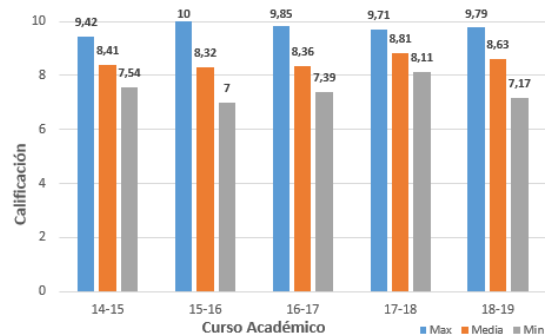


Figura 10: Relación de calificaciones en Trabajos en Grupo

5. CONCLUSIONES

Es posible utilizar con éxito técnicas de autoaprendizaje en la materia de Máquinas Eléctricas. En este trabajo se han presentado los resultados aplicados en unos contenidos muy concretos de esta materia, que ya se habían introducido en una asignatura previa.

La utilización de estas técnicas, por añadidura, ha producido una reducción del tiempo necesario para la asimilación de estos contenidos, situación siempre interesante en el marco actual de titulaciones de grado de 240 ECTS.

En esta línea de mejor aprovechamiento del tiempo, los autores están trabajando para introducir la técnica del aula invertida en contenidos de Máquinas de Corriente Continua, también de la asignatura objeto de este artículo.

REFERENCIAS

- [1] Blázquez, F, Arribas, J. R., Veganzones, C., Platero, C., and, Ramírez, D. (Jan. 2010). “Adaptation of the Electric Machines Learning Process to the European Higher Education Area”. *IJEE Int. Journal of Engineering Education*, vol. 26 (nº 1), pp. 40-51,
- [2] Rodríguez, J., Blázquez, F., Veganzones, C., Ramírez, D. (septiembre 2006), “El libro electrónico como complemento para la enseñanza de las máquinas eléctricas”. Conferencia llevada a cabo en el 14 CUIEET, Gijón, España

- [3] Anguas, J., Díaz, L., Gallego, I., Lavado, C., Reyes, A., Rodríguez, E., Sanjeevan, K., Santamaría, E., Valero, M. (2006), “*La técnica del Puzzle al servicio del aprendizaje de la programación de ordenadores*”, Conferencia llevada a cabo en las XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Bilbao, España.
- [4] Memoria de verificación de título (2009), *Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperado de https://www.etsii.upm.es/estudios/grados/doc/Memoria_Verificacion_GITI_2009.pdf.